ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد ژنوتیپ‌های نخود

حسن تقی خانی[۱]، علیرضا عیوضی[۲]، ساسان رضادوست[۳] و محسن رشدی[۳]

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی ارقام نخود و تعیین بهترین شاخص تنش خشکی و رقم متحمل به تنش خشکی در سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی ساعتلو اجرا گردید. تحقیق به صورت طرح اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد که در آن، آبیاری به عنوان فاکتور اصلی شامل چهار سطح آبیاری بر اساس اعمال تنش خشکی در مرحله ٦-٥ برگی، گل‌دهی و غلاف‌بندی و تیمار بدون تنش (شاهد) و هفت رقم نخود به عنوان فاکتور فرعی شامل قزوین، بیونیج، **Flip97-111c**، **Flip 98-134c**، **Flip98-143c**، **Flip99-1c** و **ILC3279** در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر روی ماده خشک تک بوته، تعداد غلاف دانه‌دار، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه تک بوته، زمان لازم برای رسیدگی، عملکرد دانه و ماده خشک کل داشت ولی بر شاخص برداشت اثر معنی‌داری نداشت. بین ارقام، از نظر کلیه صفات یاد شده به جزء تعداد غلاف پوک اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه در تیمار بدون تنش برای رقم **Flip99-1c** (۱۷۱ گرم در مترمربع) و کمترین عملکرد دانه در رقم **ILC3279** برای شرایط اعمال تنش طی مرحله غلاف‌بندی (۵۱/۲ گرم در مترمربع) حاصل گردید. بنابراین، مرحله غلاف‌بندی حساس‌ترین مرحله رشدی نخود شناخته شد. در میان ارقام مورد مطالعه، رقم **Flip99-1c** دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال و دارای تنش خشکی بود و بیشترین تحمل در شرایط تنش خشکی را داشت. در این تحقیق، شاخص‌های **HAR**، **GMP**، **TOL**، **MP** و **STI** برای تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی و همچنین ارقام نخود معنی‌دار شدند ولی شاخص **SSI** معنی‌دار نشد. این شاخص‌ها نشان دادند که رقم **Flip99-1c** در مرحله ٦-٥ برگی، بیشترین مقاومت در مقابل تنش خشکی را داشت.

کلمات کلیدی: *شاخص‌های تنش خشکی، عملکرد دانه و نخود.*

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۲۰

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوی، فرهیخته کارشناسی ارشد زراعت، خوی، ایران. (نویسنده مسئول)

E- mail: htaghikhani@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان‌غربی، ایران.

۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، خوی، ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه و بررسی منابع علمی

در حدود ٤٠ درصد از اراضی کره زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند. در این مناطق آب عامل محدود کننده اصلی و خشکی مهم‌ترین عامل تنش در گیاهان زراعی می‌باشد. به علاوه، توزیع نامناسب بارندگی باعث تشدید این مشکل می‌شود که نتیجه آن چیزی جز کاهش عملکرد نخواهد بود. تنش رطوبتی در گیاهان تابعی از میزان حساسیت آن‌ها طی مرحله رشد است. مطالعه رفتار گیاهان نسبت به کم آبی و برآورد و تاثیر آن در مراحل مختلف رشد از اهمیت بیشتری برخوردار است. بنابراین برای سامان بخشیدن به روابط آب مصرفی و عملکرد، می توان از راه حل‌های تخصیص آب کمتر با تحمیل تنش بر گیاه، برنامه‌ریزی با توجه به متوسط رطوبت سالانه هوا، انتخاب محصول مناسب و تاریخ کاشت و تعیین دوره رشد و دوره بحرانی نسبت به کمبود آب استفاده کرد. کشور ما دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک است و کمبود آب یکی از مشکلات اساسی کشاورزی ایران، از جمله استان آذربایجان غربی می‌باشد، لذا وقوع تنش خشکی در دوره رشد گیاهان امری اجتناب ناپذیر است. عکس العمل گیاهان مختلف و حتی ارقام مختلف از یک گیاه نسبت به تنش خشکی متفاوت است (کوچکی، ۱۳۷۵). به طور کلی از نظر اهمیت، تنش خشکی دومین تنش غیر زیستی بعد از دما است که گیاه نخود را تحت تاثیر قرار می‌دهد (سینگ و همکاران، ۱۹۹٤). نخود پس از غلات دومین منبع مهم غذای بشر به شمار می‌رود. این گیاه متعلق به تیره بقولات می‌باشد. گونه‌های متعدد این تیره به اشکال درختی، درختچه‌ای، بوته‌ای و علفی می‌باشند و گونه‌های زراعی آن‌ها در شرایط آب و هوایی متفاوتی از معتدل تا گرمسیر، مرطوب تا خشک سازگاری دارند و در کشورهای آفریقایی علاقه‌مندی خاصی به آن‌ها وجود دارد (میلر و همکاران، ۲۰۰۲). کومار و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند که تعداد شاخه‌های بارور یا شاخه‌های فرعی در نخود در شرایط آبیاری بیشتر از شرایط دیم است و همچنین در شرایط آبیاری ۱۰ تا ۲۰ روز تاخیر در گل‌دهی همه ارقام ملاحظه می‌شود و در رسیدگی ارقام دسی و کابلی به ترتیب ۲۰ و ۱۰ روز تاخیر ایجاد می‌شود. تعداد غلاف در ژنوتیپ‌های کابلی تحت شرایط آبیاری در مقایسه با دیم ۲٦-۲۱ درصد افزایش می‌یابد و عملکرد بیولوژیکی در ژنوتیپ‌های دسی و کابلی در شرایط آبیاری نسبت به شرایط دیم به ترتیب ٤۲ و ٤۹ درصد افزایش می‌یابد. سلطانی و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که خشکی انتهایی دوره رشد می‌تواند، عملکرد دانه را در نخود به شدت و به میزان ٦۷ درصد کاهش دهد. به طوری که، مقدار آن در نخود مورد مطالعه آن‌ها از ۲۷۹۹ تحت شرایط آبیاری کامل تا ۹۰۹ kg/ha تحت شرایط دیم کاهش یافت. محمدی و همکاران (۱۳۸۵) مشخص کردند که در بین مراحل فنولوژیک گیاه نخود، مرحله تشکیل و پر شدن دانه‌ها حساس‌ترین مرحله به کمبود آب است و در شرایط محدودیت آب، با آبیاری در این

Archive of SID

www.SID.ir

مرحله می‌توان عملکرد نخود را به طور قابل توجهی افزایش داد.

شاخص‌های کمی متفاوتی برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی و تعیین تحمل به خشکی و حساسیت آن‌ها ارائه شده است. طبق نظر فیشر معیار مقاومت به خشکی، میزان عملکرد دانه در شرایط خشک است (فیشر و مورر، ۱۹۷۸). فیشر و مورر (۱۹۷۸) برای تعیین میزان تحمل خشکی، شاخص حساسیت به تنش (SSI)[1] را پیشنهاد کردند. رزیل و هامبلین (۱۹۸۱) در این مورد، شاخص تحمل (TOL)[2] و شاخص بهره‌وری متوسط (MP)[3] را معرفی نمودند. ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد، در شرایط محیطی تنش‌دار و بدون تنش به چهار گروه تقسیم می‌کنند (فرناندز، ۱۹۹۲). ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط عملکرد زیاد تولید می‌کنند (گروه a)، ژنوتیپ‌هایی که عملکرد آن‌ها فقط در محیط مطلوب زیادتر می‌شود (گروه b)، ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش‌دار از عملکرد نسبتا زیادی برخوردارند (گروه c)، ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط، دارای عملکرد پایین هستند (گروه d). وی در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا در دو محیط تنش و بدون تنش، آن‌هایی که در دو محیط تظاهر یکسانی از خود نشان دادند را به گروه a نام‌گذاری کرد و اعلام کرد که مناسب‌ترین شاخص برای شناسایی ارقام گروه a شاخص تحمل تنش (STI)[4] می‌باشد. فرناندز (۱۹۹۲) و کریستین و همکاران (۱۹۹۷) شاخص دیگری تحت عنوان میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)[5] را پیشنهاد نمودند. میانگین هارمونیک (HAR)[6] شاخص دیگری برای ارزیابی تحمل به خشکی می‌باشد. فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰) در ارزیابی ۲۱ لاین نخود جهت شناسایی لاین‌های مقاوم به خشکی دریافتند که میانگین هارمونیک (HAR)، شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و بهره‌وری متوسط (MP) مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن لاین‌های نخود می‌باشند. مناسب‌ترین شاخص آن است که در هر دو شرایط آبی و دیم دارای همبستگی معنی‌داری با عملکرد باشد (امام جمعه، ۱۳۷۸؛ بلوم، ۱۹۸۸). جمشید مقدم و همکاران (۱۳۸۱) جهت گزینش برای مقاومت به خشکی در ارقام نخود زراعی عنوان کردند که تحلیل همبستگی بین شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و میانگین هارمونیک (HAR) و میانگین عملکرد دانه در شرایط آبی (Y_P) و دیم (Y_S) نشان داد که سه شاخص بهره‌وری متوسط (MP)، شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) بهترین شاخص‌ها هستند و با توجه به نمودار سه بعدی متغیرهای Y_S و Y_P و هر کدام از این شاخص‌ها ارقام ۱۵-۵۹-۱۸ و Flip۹۷-۱۸۸c به عنوان ارقام مقاوم به خشکی تشخیص داده شدند.

1 . *Stress susceptible index*
2 . *Tolerance index*
3 . *Mean productivity*
4. *Stress tolerance index*
5 . *Geometric mean productivity*
6 . H*armonic index*

Archive of SID

www.SID.ir

در این تحقیق سعی شده است که بهترین شاخص تحمل به خشکی در مراحل مختلف رشدی گیاه نخود، حساس‌ترین مرحله رشدی و همچنین متحمل‌ترین رقم نخود تعیین گردد. از سوی دیگر مراحل رشدی نخود نیز مورد ارزیابی قرار گرفت تا اثر خشکی بر عملکرد مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۷ -۱۳۸۶ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی ساعتلوی ارومیه وابسته به مرکز تحقیقات و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی در روستای ساعتلو واقع در ۲۷ کیلومتری شمال غرب شهرستان ارومیه اجرا شد. نوع اقلیم این منطقه بر اساس تقسیم‌بندی جغرافیایی جزو اقلیم‌های نیمه خشک و با زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. میزان بارندگی منطقه بر اساس میانگین دراز مدت ۱۰ ساله ۲۳۶/۷ میلی‌متر است. بر اساس اطلاعات ۳۵ ساله ایستگاه هواشناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان ارومیه متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد است. حداقل و حداکثر مطلق درجه حرارت دراز مدت ۳۵ ساله به ترتیب ۱۷- و ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا در آمد. فاکتور اصلی آبیاری، شامل چهار سطح آبیاری بر اساس تنش خشکی در مراحل ۶ -۵ برگی، گل‌دهی، غلاف‌بندی و بدون تنش (شاهد) و فاکتور فرعی شامل هفت رقم قزوین، بیونیچ، Flip99-1c، Flip98-143c، Flip98-134c، Flip97-111c و ILC3279 بود. هر کرت اصلی شامل هفت کرت فرعی به طول دو و نیم متر و عرض یک متر که شامل چهار ردیف با فاصله بیست و پنج سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف ده سانتی‌متر بود؛ هم‌چنین، فاصله بین کرت‌های اصلی برای جلوگیری از نشت رطوبت دو متر در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار و نرم کردن کلوخه‌ها توسط کولتیواتور بود. کاشت در نیمه اول اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷ به صورت دستی در عمق حدود پنج سانتی‌متر انجام شد. پس از سبز کردن بذور، آبیاری در طول فصل با توجه به نیاز مزرعه انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز داخل کرت‌ها به روش دستی در طول فصل رشد انجام گردید. تنش خشکی در کرت‌ها با توجه به مراحل فنولوژیک و رشد گیاه ایجاد شد. در کرت‌ها سه مرحله تنش خشکی به همراه شاهد اعمال گردید. بعد از رسیدگی کامل دانه‌ها و خشک شدن کامل بوته‌ها و غلاف‌ها، بوته‌های نخود از قسمت طوقه برداشت شده و محصول هر کرت به صورت جداگانه در گونی‌های مشخص جمع‌آوری و سپس توزین شدند. از هر کرت آزمایشی به تعداد هفت بوته به طور تصادفی برداشت گردید و ماده خشک تک بوته، تعداد غلاف پوک، تعداد غلاف دانه‌دار، تعداد

Archive of SID

www.SID.ir

دانه در غلاف تک بوته، وزن دانه تک بوته، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی تک بوته و فاصله اولین غلاف از سطح زمین، برای هر تکرار و تیمار محاسبه و میانگین آن‌ها ثبت شد. میزان تحمل خشکی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل به شرح زیر محاسبه گردید:

۱- شاخص تحمل به تنش (STI) (فرناندز، ۱۹۹۲)

$$STI = \frac{(Y_P)(Y_S)}{(\bar{Y}_P)^2}$$

۲- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) (کریستین و همکاران، ۱۹۹۷)

$$GMP = \sqrt{(Y_P)(Y_S)}$$

۳- شاخص تحمل (TOL) (رزیل و هامبلین، ۱۹۸۱)

$$TOL = Y_P - Y_S$$

٤- بهره‌وری متوسط (MP) (رزیل و هامبلین، ۱۹۸۱)

$$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2}$$

۵- شاخص حساسیت به تنش (SSI) (فیشر و مورر، ۱۹۷۸)

$$SSI = \frac{1 - \left[\frac{Y_S}{Y_P}\right]}{SI}$$

$$SI = 1 - \left[\frac{\bar{Y}s}{\bar{Y}p}\right]$$

٦- میانگین هارمونیک (HAR) (فرشادفر و همکاران، ۱۳۸۰)

$$HAR = \frac{2(Y_P.Y_S)}{Y_P + Y_S}$$

محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC انجام گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که بین تیمارهای آبیاری از نظر ماده خشک تک بوته، تعداد غلاف دانه‌دار، تعداد دانه در غلاف تک بوته، وزن دانه تک بوته، عملکرد دانه، ماده خشک کل و زمان لازم برای ۹۰٪ رسیدگی حداقل اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت ولی برای شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری به دست نیامد. میان ارقام مورد مطالعه برای تمامی صفات اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل آبیاری با رقم نیز به غیر از ماده خشک کل و شاخص برداشت، برای بقیه صفات معنی‌دار گردید (جدول ۱).

نتایج حاکی از آن است که گیاهان در شرایط تنش خشکی طی مرحله غلاف‌بندی دارای کمترین وزن ماده خشک برای هر بوته شدند، در حالی‌که بیشترین مقدار برای شرایط بدون تنش حاصل گردید. به نظر می‌رسد که کمتر شدن وزن ماده خشک تک بوته به دلیل کمبود آب و مواد غذایی در مرحله پرشدن دانه‌ها و در نتیجه، انجام عمل انتقال مجدد بیشتر مواد غذایی از دیگر بخش‌های گیاه به سمت دانه‌ها باشد. این پدیده توسط تحقیق قاسمی گلعذانی و همکاران (۱۳۷٦) مورد تایید قرار گرفته است. کاهش شدید وزن اندام‌های

Archive of SID

www.SID.ir

هوایی در نتیجه محدودیت آب توسط میسرا و اسریواستاوا (۲۰۰۰) و کلوم و وازانا (۲۰۰۲) گزارش شده است. لاین ILC3279 در شرایط آبیاری نرمال دارای بیشترین مقدار ماده خشک (۲۵/۳ گرم در بوته) و کمترین مقدار در شرایط تنش خشکی طی مرحله غلاف‌بندی (۱۳/۳ گرم در بوته) بود (جدول ۳). محدودیت آب در مراحل غلاف‌بندی، گلدهی و ٦ -۵ برگی سبب کاهش تعداد غلاف دانه‌دار گردید و کمترین تعداد در مرحله غلاف‌بندی مشاهده شد. در شرایط آبیاری کامل، گیاه از دوره زایشی طولانی‌تری برخوردار می‌باشد و تولید گل و نیام در زمان بیشتری صورت می‌گیرد. به علت استفاده مطلوب گیاهان از منابع موجود، تعداد گل‌هایی که به نیام تبدیل می‌شود بیشتر خواهد بود. در شرایط کمبود آب، ریزش گل افزایش و تعداد نیام در هر بوته کاهش یافت. تاثیر کمبود آب بر کاهش تعداد نیام در بوته نخود توسط قاسمی گلعذانی و همکاران (۱۳۷٦) و سینگ و ساکسنا (۱۹۹۱) نیز گزارش شده است. تعداد غلاف دانه‌دار برای لاین ILC3279 در شرایط آبیاری نرمال به طور معنی‌داری بیشتر از سایر لاین‌ها بود (۲۹ عدد) و از سوی دیگر کمترین تعداد نیز در لاین ILC3279 و بر اثر تنش خشکی مرحله غلاف‌بندی، حاصل شد (۵/۱ عدد). در تیمار آبیاری کامل، تعداد دانه در غلاف به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود و کمترین تعداد دانه در غلاف برای تیمار دارای تنش خشکی در مرحله غلاف‌بندی حاصل شد (جدول ۳). وجود رطوبت کافی در مرحله پرشدن دانه باعث ادامه رشد دانه‌ها و نیز باعث افزایش دو دانه‌ای شدن دانه‌ها در غلاف‌ها می‌گردد. کاهش تعداد دانه در غلاف در تیمارهای دارای تنش آبی نسبت به تیمار شاهد با نتایج چایی چی و همکاران (۱۳۸۲)، لپورت و همکاران (۱۹۹۹) و بگیوم و همکاران (۱۹۹۲) مبنی بر کاهش تعداد دانه در غلاف در شرایط تنش خشکی مشابه می‌باشد. در شرایط آبیاری نرمال لاین بیونیچ دارای بیشترین تعداد دانه در غلاف (٤ عدد) و لاین Flip97-111c دارای کمترین تعداد دانه در غلاف (۱ عدد) بر اثر تنش خشکی طی مرحله غلاف‌بندی شد. نتایج نشان داد که بیشترین وزن دانه‌ها در شرایط آبیاری نرمال و کمترین مقدار در شرایط دارای تنش خشکی در مرحله غلاف‌بندی حاصل شد (جدول ۳). تنش خشکی در مرحله گل‌دهی باعث کمتر شدن تعداد گل‌ها و در نتیجه وزن کمتر دانه‌ها در مقایسه با دیگر تیمارها می‌گردد. تنش خشکی در مرحله غلاف‌بندی نیز باعث کوچک و چروکیده شدن دانه‌ها و کمتر شدن وزن آن‌ها می‌شود. این نتایج توسط آزمایش چایی چی و همکاران (۱۳۸۲) مورد تایید قرار گرفته است. بیشترین وزن دانه تک بوته مربوط به لاین Flip97-111c در شرایط نرمال (٦/۹ گرم) و کمترین وزن دانه تک بوته در اثر تنش خشکی مرحله غلاف‌بندی برای لاین ILC3279، (۱/۱ گرم) مشاهده گردید (جدول ۳). تیمار بدون تنش باعث طولانی‌تر شدن دوره رشد گیاه شد در حالیکه تنش خشکی در مرحله غلاف‌بندی باعث

Archive of SID

www.SID.ir

شد که طول مدت رشد تا رسیدگی کوتاه‌تر باشد. گیاهان در شرایط تنش زودتر از شرایط آبیاری نرمال به مرحله رسیدگی رسیده‌اند. علت این امر کمی آب در دسترس گیاهان تحت تنش خشکی می‌باشد که موجب تسریع نمو و آغاز زود هنگام مرحله زایشی گیاهان و در نتیجه رسیدگی زودتر نیز شده است. سینگ (۱۹۹۱) اعلام کرد که نمو گیاه نخود در اثر کمبود آب در هر دو مرحله رویشی و زایشی تسریع شده و در نتیجه طول مدت این مراحل کاهش می‌یابد و گیاهان تحت تنش خشکی ۱۰ روز زودتر از گیاهان آبیاری شده به رسیدگی کامل می‌رسند. این نتایج با گزارشات کومار و همکاران (۲۰۰٤)، سیلیم و ساکسنا (۱۹۹۳) هماهنگی داشت. گرزیسیک و همکاران (۱۹۹٦) مشاهده کردند کلیه ارقام تمایل به کاهش دوره رشد در واکنش به تنش خشکی داشتند. لاین ILC3279 دارای بیشترین طول دوره رشد در شرایط نرمال (۹٤/۲ روز) و لاین Flip98-143c در شرایط تنش خشکی طی مرحله غلاف‌بندی، کوتاه‌ترین دوره رشد (۷۸/۷ روز) را داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و لاین نشان داد که اثر آبیاری نرمال بر روی لاین Flip99-1c باعث بیشترین عملکرد دانه با ۱۷۱/۵ گرم در مترمربع و از سوی دیگر بر اثر تنش خشکی در مرحله غلاف‌بندی بر لاین ILC3279 با ۵۱/۲۵ گرم در مترمربع کمترین عملکرد دانه حاصل شد (جدول ۳). بالا بودن عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل می‌تواند ناشی از تعداد بیشتر غلاف در بوته باشد. بر اساس سیلیم و همکاران (۱۹۹۳) بالا بودن درصد پوشش سبز به ویژه در دوره بحرانی پر شدن دانه، تبخیر آب از سطح خاک را کاهش داده و به بهبود وضعیت رطوبتی خاک و افزایش میزان آب در دسترس گیاه منجر می‌شود. نقش تنش خشکی انتهای فصل رشد در کاهش عملکرد دانه نخود در شرایط دیم در مطالعات سلطانی و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارش شده است. اثرات متقابل تنش خشکی و رقم برای ماده خشک کل اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۱)، ولی نتایج نشان داد بیشترین ماده خشک کل مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و کمترین آن مربوط به تیمار تنش آبیاری در مرحله غلاف‌بندی بود. کاهش شدید وزن اندام‌های هوایی و تولید فراورده‌های فتوسنتزی در نتیجه محدودیت آب توسط سینگ و همکاران (۱۹۸۷) و اگزیا (۱۹۹۷) نیز گزارش شده است. در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، بیونیچ بیشترین و Flip98-134c کمترین مقدار ماده خشک کل را داشتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری در شاخص برداشت وجود نداشت، اما اختلاف بین ارقام از نظر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین شاخص برداشت در لاین Flip98-134c و کمترین شاخص برداشت در لاین ILC3279 مشاهده شد. نتایج مشابه توسط ضابط و همکاران (۱۳۸۲) برای گیاه ماش نیز گزارش شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین لاین‌های نخود از نظر کلیه شاخص‌های مقاومت به خشکی و نیز عملکرد در هر دو شرایط محیطی تنش دار و بدون تنش وجود داشت که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان گزینش برای مقاومت به خشکی است (جدول ۲). مرحله ٦ -۵ برگی در مراحل رشد نخود دارای بیشترین مقدار شاخص‌های تحمل تنش (STI)، بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HAR) و مرحله غلاف‌بندی دارای کمترین مقدار این شاخص‌ها شد که بیانگر متحمل به خشکی بودن گیاه در مرحله ٦ -۵ برگی نسبت به دیگر مراحل رشدی می‌باشد. در ارزیابی شاخص تحمل (TOL) برای مراحل مختلف تنش خشکی، مرحله غلاف‌بندی دارای بیشترین مقدار و به عنوان حساس‌ترین مرحله رشدی و مرحله ٦ -۵ برگی دارای کمترین مقدار گردید و به عنوان مقاوم‌ترین مرحله رشدی شناخته شد. در میان ارقام نیز، Flip99-1c در شرایط تنش خشکی اعمال شده در مرحله ٦ -۵ برگی، با بیشترین مقدار شاخص‌های STI، GMP و HAR مقاوم‌ترین رقم شناخته شد و رقم ILC3279 طی تنش در مرحله غلاف‌بندی، با داشتن کمترین مقدار شاخص‌های ذکر شده به عنوان حساس‌ترین رقم توسط این شاخص‌ها معرفی گردید (جدول ٤). رقم Flip99-1c دارای بیشترین مقدار شاخص TOL در تیمار دارای تنش طی مرحله غلاف‌بندی و رقم حساس به تنش خشکی و رقم Flip97-111c کمترین مقدار این شاخص را در تیمار ٦ -۵ برگی دارا شد و رقم مقاوم شناخته شد (جدول ٤). در میان مراحل تنش خشکی، برای شاخص حساسیت به تنش (SSI) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). در میان ارقام، قزوین دارای بیشترین مقدار شاخص حساسیت به تنش و به عنوان حساس‌ترین رقم به خشکی و رقم Flip97-111c دارای کمترین مقدار این شاخص گردید و به عنوان رقم مقاوم معرفی شد. وجود تفاوت معنی‌دار و تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مختلف نخود از نظر شاخص‌های مقاومت به خشکی در مطالعات امام جمعه (۱۳۷۸) و فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰) گزارش شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- میانگین مربعات صفات ارقام نخود تحت شرایط مزرعه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ماده خشک تک بوته	تعداد غلاف پوک	تعداد غلاف دانه‌دار	تعداد دانه در غلاف	وزن دانه تک بوته
تکرار	۳	۳/۴۹	۱/۳۲	۶/۶۰	۰/۲۴	۱/۱۵
رژیم آبیاری	۳	۲۷۹/۸۵**	۱۸۹/۰۱**	۶۹۵/۰۰**	۶/۱۳**	۶۸/۴۴**
خطا	۹	۱/۹۰	۱/۸۴	۶/۲۰	۰/۱۰	۰/۵۱
ارقام نخود	۶	۲۵/۳۸**	۲/۲۳	۶۱/۶۸**	۴/۵۴**	۴/۳۳**
آبیاری × ارقام	۱۸	۱۲/۸۸**	۷/۵۶**	۴۰/۷۹**	۱/۰۰**	۲/۲۹**
خطا	۷۲	۱/۸۳	۱/۶۷	۹/۷۰	۰/۱۷	۰/۶۳
ضریب تغییرات(٪)		۶/۸۵	۳۲/۲۱	۲۰/۷۱	۲۳/۷۶	۱۸/۸۴

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ادامه جدول ۱- میانگین مربعات صفات ارقام نخود تحت شرایط مزرعه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		زمان ۹۰٪ رسیدگی	عملکرد دانه	ماده خشک کل	شاخص برداشت
تکرار	۳	۲/۳۱	۴۰۵/۲۴۷	۵۹۴۹/۰۳	۱۵۳/۱۵۰
رژیم آبیاری	۳	۹۷۷/۳۱**	۱۷۵۹۴/۰۳۳**	۱۵۳۹۸۲/۳۱**	۳۳۱/۳۰۷
خطا	۹	۱/۴۱	۳۶/۹۳۰	۴۸۲۵/۹۳	۱۶۹/۰۵۵
ارقام نخود	۶	۱۷/۴۷**	۶۴۵۷/۴۹۴**	۲۰۶۵۶/۵۹**	۱۴۲۷/۸۰۷**
آبیاری × ارقام	۱۸	۱/۰۸*	۵۹۵/۹۱۵**	۲۵۳۷/۶۳	۱۲۰/۸۵۵
خطا	۷۲	۰/۵۹	۸۷/۸۷۷	۲۷۹۳/۳۲	۱۰۹/۳۸۸
ضریب تغییرات(٪)		۵/۸۹	۹/۱۹	۲۱/۹۵	۲۳/۱۸

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۲- میانگین مربعات شاخص‌های تحمل به تنش خشکی تحت شرایط مزرعه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		STI	MP	GMP	SSI	TOL	HAR
تکرار	۳	۰/۰۱۰	۳۹۵/۲۴	۳۵۱/۲۰	۰/۰۴	۲۹۲/۹۶	۳۱۶/۷۳
رژیم آبیاری	۲	۰/۷۲**	۲۶۸۵/۱۷**	۴۰۶۷/۱۶**	۰/۰۰۱	۱۰۷۴۰/۶۷**	۵۵۹۸/۱۳**
خطا	۶	۰/۰۰۱	۴/۶۹	۷/۶۴	۰/۰۰۸	۱۸/۷۷	۱۱/۲۸
ارقام نخود	۶	۰/۹۷**	۶۳۵۹/۴۰**	۵۸۳۱/۷۴**	۱/۰۰۸**	۲۷۶۹/۴۳**	۵۳۸۵/۲۱**
آبیاری × ارقام	۱۲	۰/۰۵**	۱۳۶/۹۲	۲۳۱/۱۵**	۰/۲۰**	۵۴۷/۶۹**	۳۳۶/۰۵**
خطا	۵۴	۰/۰۱	۷۷/۳۹	۷۰/۱۵	۰/۰۵۹	۱۵۸/۹۳	۶۷/۴۹
ضریب تغییرات(٪)		۱۵/۳۶	۷/۸۸	۷/۶۷	۲۴/۸۳	۳۲/۶۵	۷/۶۸

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مختلف زراعی برای ترکیبات تیماری رژیم‌های مختلف آبیاری در ارقام نخود

رژیم آبیاری	ارقام	ماده خشک تک بوته (گرم)	تعداد غلاف پوک	تعداد غلاف دانه‌دار	تعداد دانه در غلاف	وزن دانه تک بوته (گرم)	زمان ۹۰٪ رسیدگی	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
آبیاری نرمال	قزوین	۲۲/۸cd	۵/۵cde	۱۸/۷c-f	۲/۶b	۵/۴b-e	۹۳/۲ab	۱۳۰/۲cde
	بیونیج	۲۳/۱bcd	۵de	۱۹/۹cd	۴a	۵/۸a-d	۹۴/۱a	۱۴۰/۷cd
	F97-111c	۲۵ab	۳/۹efg	۱۵/۲d-l	۱/۴d-h	۶/۹a	۹۲/۲bc	۹۲/۲h-k
	F98-134c	۲۳/۸a-d	۶/۹a-d	۱۹/۴cde	۲/۱bcd	۶/۴abc	۹۲/۵bc	۱۲۸/۵de
	F98-143c	۲۰ef	۷/۶ab	۲۱/۲bc	۲/۵bc	۵def	۹۰/۵ef	۱۵۸b
	F99-1c	۲۰/۱ef	۶/۷a-d	۱۷c-j	۱/۶d-h	۴/۹d-g	۹۲cd	۱۷۱/۵a
	ILC3279	۲۵/۳a	۷/۶ab	۲۹a	۱/۸d-g	۶/۶ab	۹۴/۲a	۹۵/۷hij
تنش در مرحله ۶-۵ برگی	قزوین	۲۲de	۸/۸a	۱۷/۹c-h	۱/۱gh	۵/۱def	۹۱de	۹۲/۵h-k
	بیونیج	۲۲/۳d	۶/۵bcd	۱۸c-h	۲/۵bc	۵/۲c-f	۹۰/۵ef	۱۲۷/۲de
	F97-111c	۲۴/۹abc	۷/۲abc	۱۶/۵c-k	۱/۵d-h	۶/۹a	۹۰/۵ef	۸۴/۷i-l
	F98-134c	۱۹/۸efg	۴/۴ef	۱۴/۷d-l	۱/۴e-h	۴/۲e-i	۸۹/۵fg	۱۱۰/۷fg
	F98-143c	۱۹/۱fg	۵/۲cde	۱۸/۹f-m	۲b-e	۴/۴e-h	۸۹/۵fg	۱۳۴/۷cd
	F99-1c	۱۸/۶fgh	۶/۸bcd	۱۴/۳e-l	۱/۱gh	۳/۹f-k	۸۸/۷g	۱۴۴c
	ILC3279	۲۳/۵a-d	۴/۸de	۲۵/۶ab	۱/۴d-h	۴/۸d-g	۹۰/۲ef	۸۱j-m
تنش در مرحله گلدهی	قزوین	۱۹/۹efg	۰/۷h	۱۳/۶g-m	۱/۷d-h	۴/۲e-i	۸۳/۲hi	۸۳j-m
	بیونیج	۲۱/۸de	۲/۱gh	۱۷/۲c-i	۳/۸a	۵/۱def	۸۳/۵hi	۱۱۳fg
	F97-111c	۱۷/۷ghi	۱/۱h	۱۰/۴l-o	۱/۶d-h	۴f-k	۸۲/۵ij	۷۹klm
	F98-134c	۱۹fg	۱/۱h	۱۱/۹k-n	۱/۹c-f	۳/۷g-l	۸۲/۵ij	۹۹ghi
	F98-143c	۱۸fgh	۱/۴h	۱۳/۷f-m	۱h	۳/۳h-m	۸۱/۲kl	۱۱۷/۵ef
	F99-1c	۱۶/۶hi	۱h	۱۱/۳k-o	۱/۷d-h	۲/۸k-n	۸۰/۷klm	۱۰۱gh
	ILC3279	۱۸/۹fg	۴/۱efg	۱۲/۴i-n	۱/۴d-h	۲/۵lmn	۸۴h	۷۰/۵lm
تنش در مرحله غلاف بندی	قزوین	۱۸/۹fg	۲/۷fgh	۱۰/۲l-o	۱/۶d-h	۳i-m	۸۱/۲kl	۷۱/۲lm
	بیونیج	۱۵/۵ij	۱/۶h	۶/۵op	۱/۲fgh	۲/۳mno	۸۱/۲kl	۵۵/۷no
	F97-111c	۱۵/۷ij	۱/۲h	۸/۶m-p	۱h	۲/۳mno	۷۹/۷mn	۶۸mn
	F98-134c	۱۴/۲jk	۲/۵fgh	۱۱/۶k-n	۱/۱gh	۱/۶no	۸۰/۵lm	۷۸klm
	F98-143c	۱۵/۶ij	۱/۶h	۱۲/۸h-n	۱gh	۲/۹j-m	۷۸/۷n	۹۶hij
	F99-1c	۱۶/۵hi	۲/۲gh	۸/۳nop	۱gh	۲/۶lmn	۷۹n	۸۲j-m
	ILC3279	۱۳/۳k	۰/۸h	۵/۱p	۱/۲gh	۱/۱o	۸۱/۷jk	۵۱/۲o

اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک باشند در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی برای ترکیبات تیماری مراحل مختلف تنش خشکی در ارقام نخود

مراحل تنش	ارقام	STI	GMP	SSI	TOL	HAR
تنش در مرحله ۶-۵ برگی	قزوین	۰/۷ghi	۱۰۹/۷gh	۱/۸a	۳۷/۷f-j	۱۰۸efg
	بیونیچ	۱cd	۱۳۳/۸bcd	۰/۶efg	۱۳/۵kl	۱۳۳/۶bc
	F97-111c	۰/۴j-m	۸۸/۳jkl	۰/۵g	۷/۵l	۸۸/۳ijk
	F98-134c	۰/۸efg	۱۱۹/۳efg	۰/۸d-g	۱۷/۷jkl	۱۱۸/۹de
	F98-143c	۱/۲b	۱۴۵/۸ab	۰/۹c-g	۲۳/۲i-l	۱۴۵/۲ab
	F99-1c	۱/۴a	۱۵۷/۱a	۱cde	۲۷/۵g-l	۱۵۶/۵a
	ILC3279	۰/۴j-m	۸۸jkl	۰/۹cde	۱۴/۷kl	۸۷/۷ijk
تنش در مرحله گلدهی	قزوین	۰/۶hij	۱۰۳/۹hi	۱/۴b	۴۷/۲d-g	۱۰۱/۲fgh
	بیونیچ	۰/۹cde	۱۲۶/۱cde	۰/۷efg	۲۷/۷g-l	۱۲۵/۳cd
	F97-111c	۰/۴klm	۸۵/۲kl	۰/۵g	۱۳/۲kl	۸۴/۸ijk
	F98-134c	۰/۷fgh	۱۱۲/۷fgh	۰/۸d-g	۲۹/۵g-k	۱۱۱/۷ef
	F98-143c	۱bc	۱۳۶/۲bc	۰/۹c-g	۴۰/۵e-i	۱۳۴/۶bc
	F99-1c	۱cd	۱۳۱/۳cde	۱/۴b	۷۰/۵bc	۱۲۶/۶cd
	ILC3279	۰/۳lm	۸۲/۱lm	۰/۹c-f	۲۵/۵h-l	۸۱/۱jk
تنش در مرحله غلاف بندی	قزوین	۰/۵i-l	۹۶/۱ijk	۱/۱bcd	۵۹cde	۹۱/۸hij
	بیونیچ	۰/۴j-m	۸۸/۳jkl	۱/۳bc	۸۵ab	۷۹/۵jk
	F97-111c	۰/۳lm	۷۹/۱lm	۰/۵fg	۲۴/۲h-l	۷۸kl
	F98-134c	۰/۵h-k	۹۹/۹hij	۰/۸d-g	۵۰/۵def	۹۶/۷ghi
	F98-143c	۰/۸def	۱۲۲/۹def	۰/۸d-g	۶۲cd	۱۱۹/۱de
	F99-1c	۰/۸efg	۱۱۸/۳efg	۱/۱bcd	۸۹/۵a	۱۱۰/۵ef
	ILC3279	۰/۲m	۷۰m	۱cde	۴۴/۵d-h	۶۶/۷l

اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک باشند در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند

منابع مورد استفاده

✓ امام جمعه، ع. ۱۳۷۸. تعیین فاصله ژنتیکی توسط RAPD-PCR، ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی و تحلیل سازگاری در نخود ایرانی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه. ۸۹ صفحه.

✓ جمشید مقدم، م.، ح. پاک نیت. و ع. فرشادفر. ۱۳۸۱. بررسی تغییرات صفات مهم زراعی و گزینش برای مقاومت به خشکی در ارقام نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.). خلاصه مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران (٤-۲ شهریور ۱۳۸۱-کرج). صفحهٔ ۳٦۹.

✓ چائی چی، م.، م. رستم زاده. و ک.س. اسمعیلیان. ۱۳۸۲. بررسی مقاومت لاین‌های نخود سیاه به تنش خشکی تحت شرایط رژیم‌های مختلف آبیاری. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (٤): ۱۳۵ - ۱۲٦.

Archive of SID

www.SID.ir

✓ ضابط، م.، ع. حسین زاده.، ع. احمدی. و ف. خیال پرست. ۱۳۸۲. مطالعه اثرات تنش خشکی بر صفات مختلف و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در ماش. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳٤ (٤): ۸۸۹- ۸۹۸.

✓ فرشادفر، ع.، م.ر. زمانی.، م. مطلبی. و ع. امام جمعه. ۱۳۸۰. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین‌های نخود. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۲ (۱): ۷۷ -٦٥.

✓ قاسمی گلعذانی، ک.، م. موحدی.، ف. رحیم زاده خوئی. و م. مقدم. ۱۳۷٦. اثرات کمبود آب بر رشد و عملکرد دو رقم نخود در تراکم‌های مختلف. مجله دانش کشاورزی. ۷ (۳ و ٤): ٤۲ -۱۷.

✓ کوچکی، ع. ۱۳۷۵. زراعت در مناطق خشک. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۰۲ صفحه.

✓ محمدی، غ.، ک. قاسمی گلعذانی.، ع. جوانشیر. و م. مقدم. ۱۳۸۵. تاثیر محدودیت آب بر عملکرد سه رقم نخود. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (۲): ۱۲۰ -۱۰۹.

✓Begum, N., M. Husain., and S.I. Chowury. 1992. Effect of sowing date and plant density on pod borer incidence and grain yield of chickpea in Bangladesh. International Chickpea News Letter. 27: 19- 21.

✓Blum. A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press. Boca Raton. Pp: 38- 48.

✓Colom, M.R., and C. Vazzana. 2002. Water stress effect on three cultivars of *Eragrostis* curvula. Italian Journal of Agronomy. 6 (2): 127- 132.

✓Fernandez. G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In Proceeding of a 6th Symposium of Crop Science, Taiwan. Pp: 257- 270.

✓Fisher, R.A., and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars:I. Grain yield responses. Austuralian Journal of Agricultural Research. 29: 897- 912.

✓Grzesiak, S., W. Field., G. Skrudlik., and B. Niziol. 1996. Screening for drought tolerance, evaluation of seed germination and seedling growth for drought resistance in legume plants. Journal of Agronomy and Crop Science. 177: 245- 252.

✓Kristin, A.S., R.R. Serna., F.I. Peraz., B.C. Enriques., J.A.A. Gallegos., P.R. Vallego., N. Wassimi., and J.D. Kelly. 1997. Improving common bean perforemance under drought stress. Crop Science. 37: 43- 50.

✓Kumar, J., N. Dhiman., S.S. Yadav., J. Berger., N.C. Turner., and D. Singh. 2004. Moisture stress studies in different chickpea types. 4th International Crop Science Congress, New Delhi, India. Pp: 268- 277.

✓Leport, L., N.C. Turner., R.J. French., M.B. Barr., R. Dude., S.L. Davies., D. Tennant., and K.H.M. Siddique. 1999. Physiological response of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean type environment. European Journal of Agronomy. 11 (3- 4): 279- 291.

✓Miller, P.R., K.N. Mekay., and B.A. Jenks. 2002. Growing chickpea in the Northern great plains. Montana State University.

✓Misra, A., and N.K. Srivastava. 2000. Influence of water stress Japonese on mint. Journal of Herbs Spicles on Medicinal Plants. 7: 51- 58.

✓Rosielle, A.A., and J. Hambling. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science. 21: 943- 946.

Archive of SID

www.SID.ir

✓Silim, S.N., and M.C. Saxena. 1993. Adaptation of spring-sown chickpea to the Mediterranean basin. I. Response to moisture supply. Field Crops Research. 34: 121- 136.

✓Singh. P. 1991. Influence of water deficits on phenology, growth and dry matter allocation in chickpea (*Cicer arietinum L.*). Field Crop Research. 28: 1- 15.

✓Singh, K.B., and M.C. Saxena. 1991. Studies on drought tolerance in legume program. Annual Report ICARDA.

✓Singh, D.P., P. Singh., H.C. Sharma., and N.C. Turner. 1987. Influence of water deficit on the water relations, canopy gas exchange and yield of chickpea (*Cicer arietinum L.*). Field Crop Research. 16: 231- 241.

✓Singh, K.B., R.S. Malhorta., M.H. Halila., F.J. Kinghts., and M.M. Verma.1994. Current status and future strategy in breeding chickpea for resistance to biotic and abiotic stresses. Euphytica. 73: 137- 149.

✓Soltani, A., F.R. Khoie., K. Ghassemi-Golezani., and M. Moghaddam. 2000. Thresholds for chickpea leaf expansion and transpiration response to soil water deficit. Field Crops Research. 68: 205- 210.

✓Soltani, A., F.R. Khoie., K. Ghassemi-Golezani., and M. Moghaddam. 2001. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in semiarid environment. Agricultral Water Management. 49 (3): 225- 237.

✓Xia. M.Z. 1997. Effects of drought during the generative development phase on seed yield and nutrient uptake of faba bean (*Vicia faba L.*). Austuralian Journal of Agricultural Research. 48: 447- 451.

Archive of SID

www.SID.ir